BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF CONSTRUCTION MATERIALS AND
ENGINEERING GEOLOGY
Műegyetem rkp. 3., 1111 Budapest, Hungary

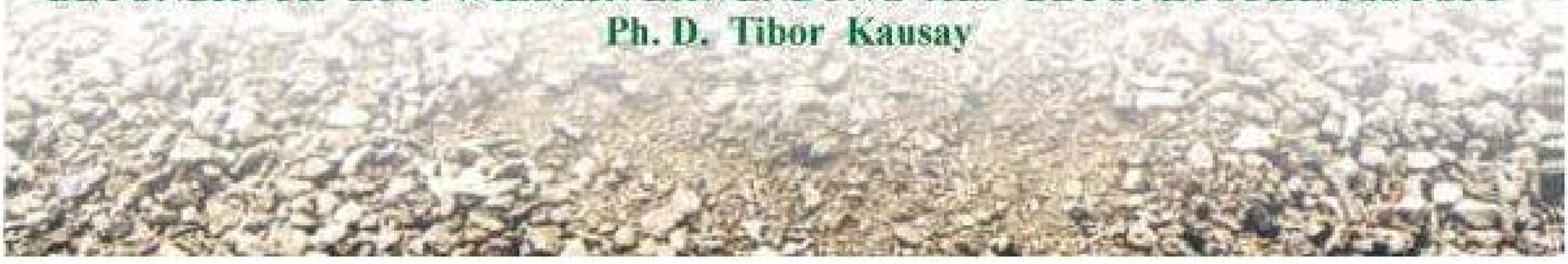
HOCHSCHULKOLLOQUIUM WERKSTOFFE IM BAUWESEN

am 21. und 22. März 2002.

an der TU Budapest, Ungarn

BETONBRUCH ZUR WIEDERVERWENDUNG ALS BETONZUSCHLAGSTOFF

Ph. D. Tibor Kausay



Poster am Kolloquium der deutschsprachigen Professoren für Baustofflehre:

TECHNISCHE UND WIRTSCHAFTSWISSENSCHAFTLICHE UNIVERSITÄT BUDAPEST
LEHRSTUHL FÜR BAUSTOFFE UND INGENIEURGEOLOGIE
H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3., Phone: +36-1-463-4068, Fax: +36-1-463-3450, WEB: www.eat.bme.hu

BETONBRUCH ZUR WIEDERVERWENDUNG ALS BETONZUSCHLAGSTOFF

Tibor KAUSAY PhD

EINFÜHRUNG

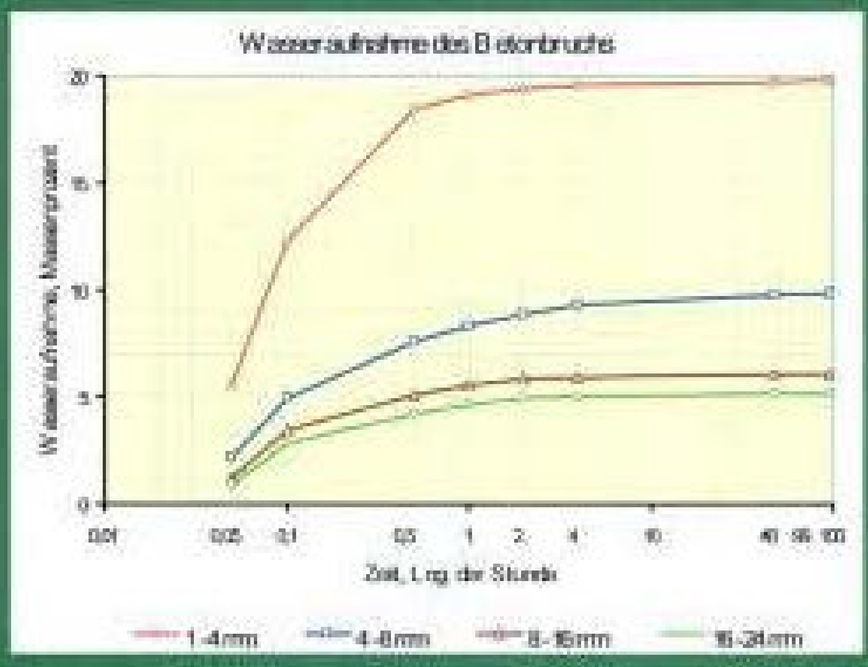
Es ist zielstrebig, auch nach Anschauung des Umweltschutzes, die Abbruchmaterialien der abgerissenen Gebäude nach Vorbereitung wiederverwenden. Einer der wiederverwendbaren Abbruchmaterialien ist der Beton- und Stahlbetonabbruch, woraus rezyklierter Betonzuschlagsstoff hersgestellt werden kann.

ERÖRTERUNG

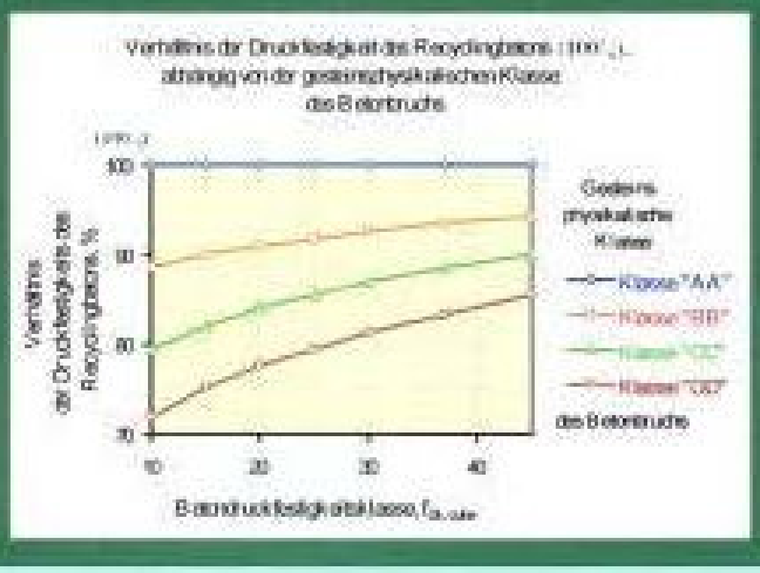
Nach unseren Forschungsergebnissen sind die einfachen Betonfertigteile in guter Qualität und wirtschaftlich aus Recyclingbeton herstellbar. Die Zusammensetzung des Recyclingbeton wird unter Berücksichtigung geplant, daß die Kornfestigkeit, Kornform, Oberflächenrauhigkeit, Wasseraufname des Betonbruchs von den ähnlichen Eigenschaften des Sandkieses abweicht, und nähert sich mehr zu den Eigenschaften des Splittes. Man muss den Recyclingbeton abhängig der gesteinsphysikalischen Klasse des Betonbruchs auf größere Druckfestigkeit planen, als wie groß der errechnete Druckfestigkeitssollwert des Kiesbetons ist. Man kann den Planwert der Druckfestigkeit des Recyclingbetons bekommen, wenn man den aus der Druckfestigketsklasse rechneten Mittelwert der Druckfestigkeit mit der Multiplikativzahl ζ multipliziert:

$$f_{cm,\,cube,\,28,\,Recyclingbeton} = \zeta^* f_{cm,\,cube,\,28}$$

Die Multiplikativzahl ζ ist abhängig von der Betondruckfestigkeitsklasse und von der maßgebenden gesteinsphysikalischen Klasse des Betonbruchs.



Betonbruch

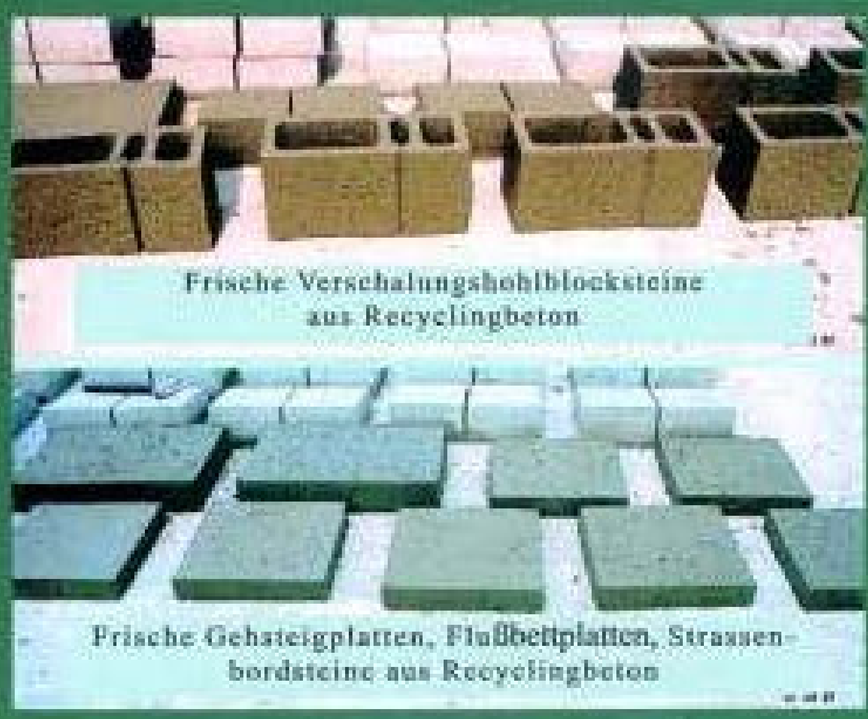


Die Wasserzugabe, in Hinsicht auf die bedeutende Wasseraufnahme des Betonbruchs, muß mit dem Wert der kurzzeitigen (z.B. 0,05-0,10 stündigen) Wassereinsaugung erhoben werden.

Aufgrund dieser haben wir die Zusammensetzung der Versuchsbetonfertigteile aus Recyclingbeton geplant. Die Konsistenz, Rohdichte, Druckfestigkeit der Recyclingbetons haben wir mit Laboratoriumversuchen kontrolliert.

Die Versuchsrecyclingbetonfertigteile waren in einem, mit Betonmischmaschine, entsprechenden Formlehre, Rütteltisch, Handvibropresse ausgestatteten Freibetonwerk mit Handarbeit hergestellt.

Herstellung des Verschalungshohlblocksteins



Frische Verschalungshohlblocksteine aus Recyclingbeton

Frische Gehsteigplatten, Flußbettplatten, Strassenbordsteine aus Recyclingbeton

SCHLUßFOLGERUNG

Die Herstellung der Recyclingbetonfertigteile war erfolgreich, die Haltbarkeit, Rohdichte, Festigkeit der Versuchsprodukte wurden alle Anforderungen erfüllt. Die Praxis hat die Richtigkeit der theoretischen Konzeptionen für Betonplanung bestätigt.

BETONBRUCH ZUR WIEDERVERWENDUNG ALS BETONZUSCHLAGSTOFF

Einführung

Ein Teil der vor und kurz nach dem II. Weltkrieg gebauter industriellen Altgebäude ist auf unsere Tage zeitwidrig geworden, hat seine Funktion verloren. Diese Gebäude werden abgerissen um für neue ihren Platz überzugeben. Die Abfuhr und Endlagerung vom abfallenden Abbruchmaterial macht Sorgen. Es ist zielstrebig, auch nach Anschauung des Umweltschutzes, die Abbruchmaterialien nach verschiedenen Arten abzusondern, und zielgemäße Anteile dieser, nach Vorbereitung wiederverwenden. Einer der wiederverwendbaren Abbruchmaterialien ist der Beton- und Stahlbetonabbruch, woraus nach Entfernung des Betonstahles, durch Zerkleinerung und Klassifikation, rezyklierter Betonzuschlagstoff hersgestellt werden kann. Anfangs ist es mit einer mobilen Anlage und dort am vorteilhaftest ausführbar, wo der Bau und Abbau von gleichem Bauunternehmer durchgeführt ist. Hernach erscheinen dann am Markt Hersteller, die ausdrücklich Recyclingbeton umsetzen, und mit solchen Produkten Handel treiben.

Erörterung

Nach unseren Forschungsergebnissen sind die einfachen, unbewehrten Betonfertigteile in guter Qualität und wirtschaftlich aus Recyclingbeton herstellbar. Zur Produktenplanung muß man die zur Betonfertigteilherstellung notwendige Betondruckfestigkeitsklasse, Größtkorn, Konzistenz, und die durchschnittlichen Sollwerten der Druckfestigkeit der achtundzwanzigtägigen Probewürfel festlegen. Diese Daten sind folgende:

Tabelle 1.

Betonfertigteil	Betonqualitäts-zeichen nach EN 206-1:2000	Durchschnittliche Sollwerte der Druckfestigkeit der bis zum Schluß unter Wasser gelagerten, achtundzwanzig-tägigen Probewürfel mit Ausmaß 150 mm, N/mm^2 $f_{cm, cube, 28}$
- Rückseite der zweischichtigen Fußsteigplatte mit gewaschener Oberfläche - Verschalungsblockstein - Hohlblockstein für Hauptmauer. Druckfestigkeit mindestens 2,5 N/mm^2	C12/15-16/S1	20,4
- Hohlblockstein für Kellermauer. Druckfestigkeit mindestens 4,5 N/mm^2 - Deckenhohlstein. Biegekraft mindestens 5 kN	C16/20-8/S1	26,3
- Normale Fußsteigplatte, frostbeständig. Biegezugfestigkeit mindestens 2 N/mm^2 - Normaler Fahrbahnbordstein, frostbeständig	C16/20-16/S1	26,3
- Einschichtige Gehsteigplatte mit gewaschener Oberfläche, frostbeständig. Biegezugfestigkeit mindestens 2 N/mm^2 - Fußsteiggrasplatte, frostbeständig. Biegefestigkeit mindestens 2 N/mm^2 - Flußbettplatte, frostbeständig. Biegefestigkeit mindestens 2 N/mm^2 - Abschußrinne mit Gitterbewehrung, frostbeständig	C20/25-16/S1	31,6

- Rückseite der zweischichtigen Fahrbahnplatte	C25/30-16/S1	36,8
- Oberbeton der zweischichtigen Fußsteigplatte mit gewaschener Oberfläche	C25/30-24/S1	36,8
- Verschleiß- und verwitterungshochfester Fahrbahnbordstein	C30/37-24/S1	44,2
- Einschichtige Fahrbahnplatte - Oberbeton der Zweischichtigen Fahrbahnplatte	C35/45-24/S1	52,6

Anmerkung: Die durchschnittlichen Sollwerten der Druckfestigkeit der Probewürfel waren bei der Druckfestigkeitsklasse C12/15 mit Standardabweichung 2,75 N/mm^2, hierüber mit Standardabweichung 3,00 N/mm^2 gerechnet.

Die Zusammensetzung des Recyclingbeton wird unter Berücksichtigung projektiert, daß die Kornfestigkeit, Kornform, Oberflächenrauhigkeit, Wasseraufname des Betonbruchs von den änlichen Eigenschaften des Sandkieses abweicht, und nähert sich mehr zu den Eigenschaften des Splittes.

In Ungarn sind die Splitte auf Grund ihrer stoffkundlichen Eigenschaften in gesteinsphysikalische Klassen eingestuft (MSZ 18291:1978 bzw. Techn. Vorschrift für Strassenbau: ÚT 2-3.601:1998), wie hier folgt:

Tabelle 2.

Korngröße	Gesteins-physikalische Eigenschaften	Gesteinsphysikalische Klasse in der TVfStb			
		AA	BB	CC	DD
		Sollwerte in Massenprozent			
		bis	über - bis	über - bis	über - bis
3 - 80	Los Angeles Koeffizient	20	20 - 25	25 - 35	35 - 45
12 - 55	Deval Koeffizient beim Naßprüfverfahren				
	20-55 mm	8,5	8,5 - 11,2	11,2 - 15,9	15,9 - 30,3
	12-20 mm	5,7	5,7 - 7,7	7,7 – 11,0	11,0 - 23,7
3 - 12	Micro-Deval Koeffizient beim Naßprüfverfahren	15	15 - 20	20 - 25	25 - 30
2 - 80	Magnesiumsulfat-wert für Wetter-beständigkeit	10	10 - 15	15 - 20	20 - 30

Man kann annäherungsweise sagen, daß die ungarische Basalte gehören in die gesteinsphysikalische Klasse AA, die Andesite in die Klassen AA und BB, die Kalksteine in die Klassen BB und CC, die Sandsteine in die Klassen CC und DD. Bis der Kies an und für sich mit dem Basalt, der Kiesbeton mit dem Basaltbeton gleichwertig ist in Hinsicht der Festigkeit, solange ist der Recyclingbeton mehr zum Kalksteinbeton oder Sandsteinbeton ähnlich, weil nach unseren Prüfergebnissen erreicht die Qualität des Betonbruches nur die gesteinsphysikalische Klassen CC - DD:

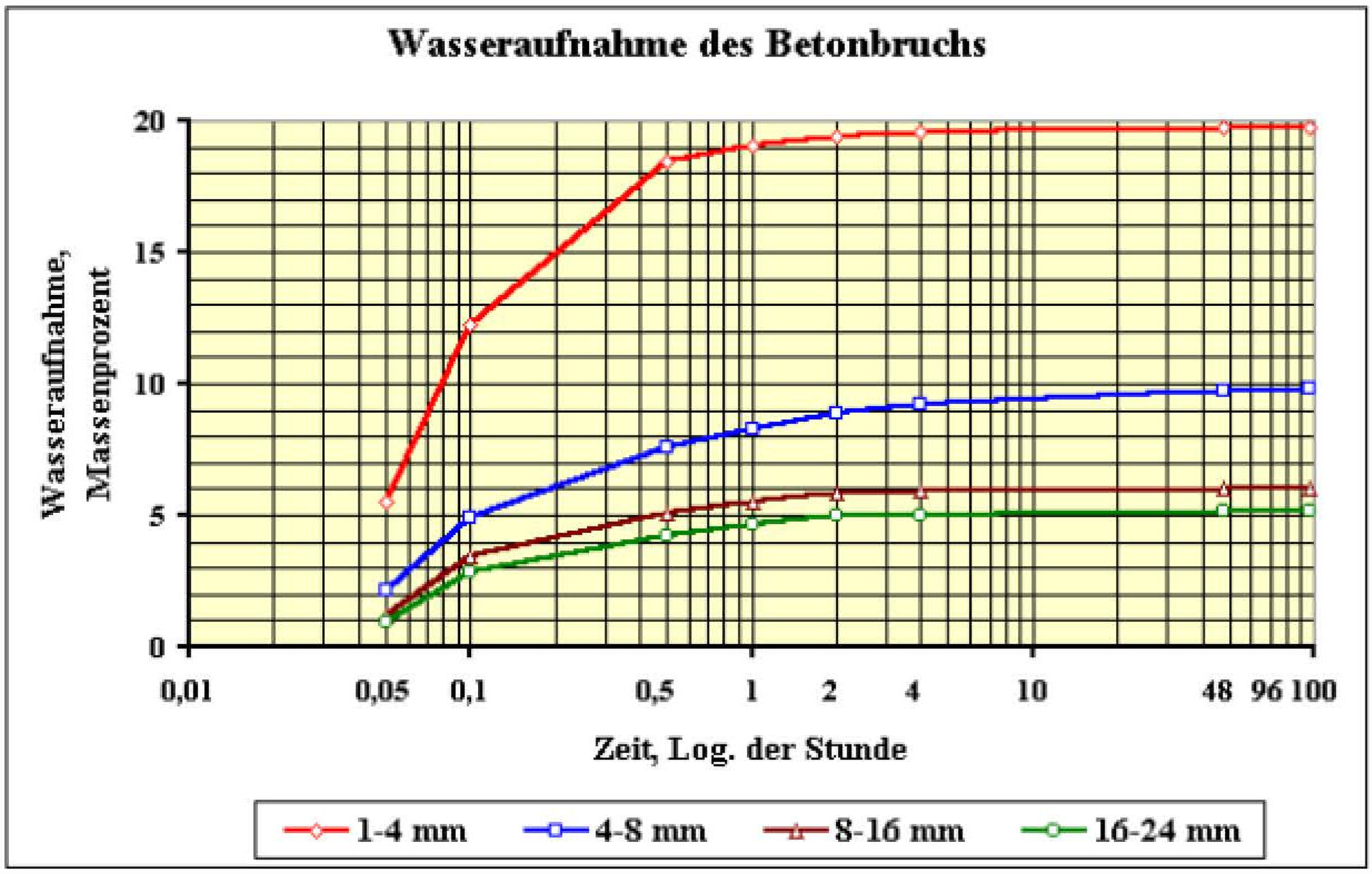
Tabelle 3.

Eigenschaft des Betonbruches	Prüfergebnis, Massenprozent	Bewertung des Betonbruches als Splitt nach	
		MSZ 18291	TV-ÚT 2-3.601
Los Angeles Koeffizient, bei der Korngröße			
5-8 mm 8-12 mm 12-20 mm 20-35 mm	33,0 - 35,9 34,0 - 37,2 34,5 - 40,2 33,6 - 34,1	C - D C - D C - D C	CC - DD CC - DD CC - DD CC
Deval Koeffizient, bei der Korngröße 20-32 mm			
Trockenprüfverfahren	11,1	D	Keine Anforderung
Naßprüfverfahren	19,1	D	DD
Micro-Deval Koeffizient, Trockenprüfverfahren, bei der Korngröße			
4-8 mm 8-16 mm	7,8 - 19,0 17,0	Keine Anforderung	Keine Anforderung
Micro-Deval Koeffizient, Naßprüfverfahren, bei der Korngröße			
4-8 mm 8-16 mm	12,4 - 34,9 19,6	Keine Anforderung	AA - XX BB
Magnesiumsulfatwert für Wetterbeständigkeit bei der Korngröße 4-8 mm	29,0	C	DD
Planbare, maßgebende gesteinsphysikalische Klasse		D	DD

Anmerkung: XX: In gesteinsphysikalische Klasse nicht einstufbar.

Die Wasseraufnahme des Betonbruchs ist auch größer, als die Wasseraufnahme des Kieses:

Abbildung 1.



Nach unserer Erfahrung ist die Druckfestigkeitsklasse des mit Zuschlagsstoff gesteinsphysikalischer Klasse DD hergestellten Betons mit einer Klasse schwacher, als die Druckfestigkeitsklasse des mit Zuschlagsstoff gesteinsphysikalischer Klasse AA hergestellten Betons. Darum muss man den Recyclingbeton abhängig der gesteinsphysikalischen Klasse des Betonbruchs auf größere Druckfestigkeit planen, als wie groß der errechnete Druckfestigkeitssollwert des Kiesbetons bzw. Beton mit Splittzuschlagssoff gesteinsphysikalischer Klasse AA ist.

Das heißt, so kann man den Planwert der Druckfestigkeit des Recyclingbetons bekommen, daß man den aus der Druckfestigketsklasse rechneten Mittelwert der Druckfestigkeit mit der Multiplikativzahl ζ multipliziert:

$$f_{cm,\,cube,\,28,\,Recyclingbeton} = \zeta^* f_{cm,\,cube,\,28}$$

Die Multiplikativzahl ζ ist abhängig von der Betondruckfestigkeitsklasse und von der maßgebenden gesteinsphysikalischen Klasse des Betonbruchs.

Die Funktion der Multiplikativzahl ζ ist abhängig von der charakteristischen Mindestdruckfestigkeit von Würfeln $f_{ck,cube}$ für den Fall der gesteinsphysikalischen Klasse D bzw. DD aufgeschrieben:

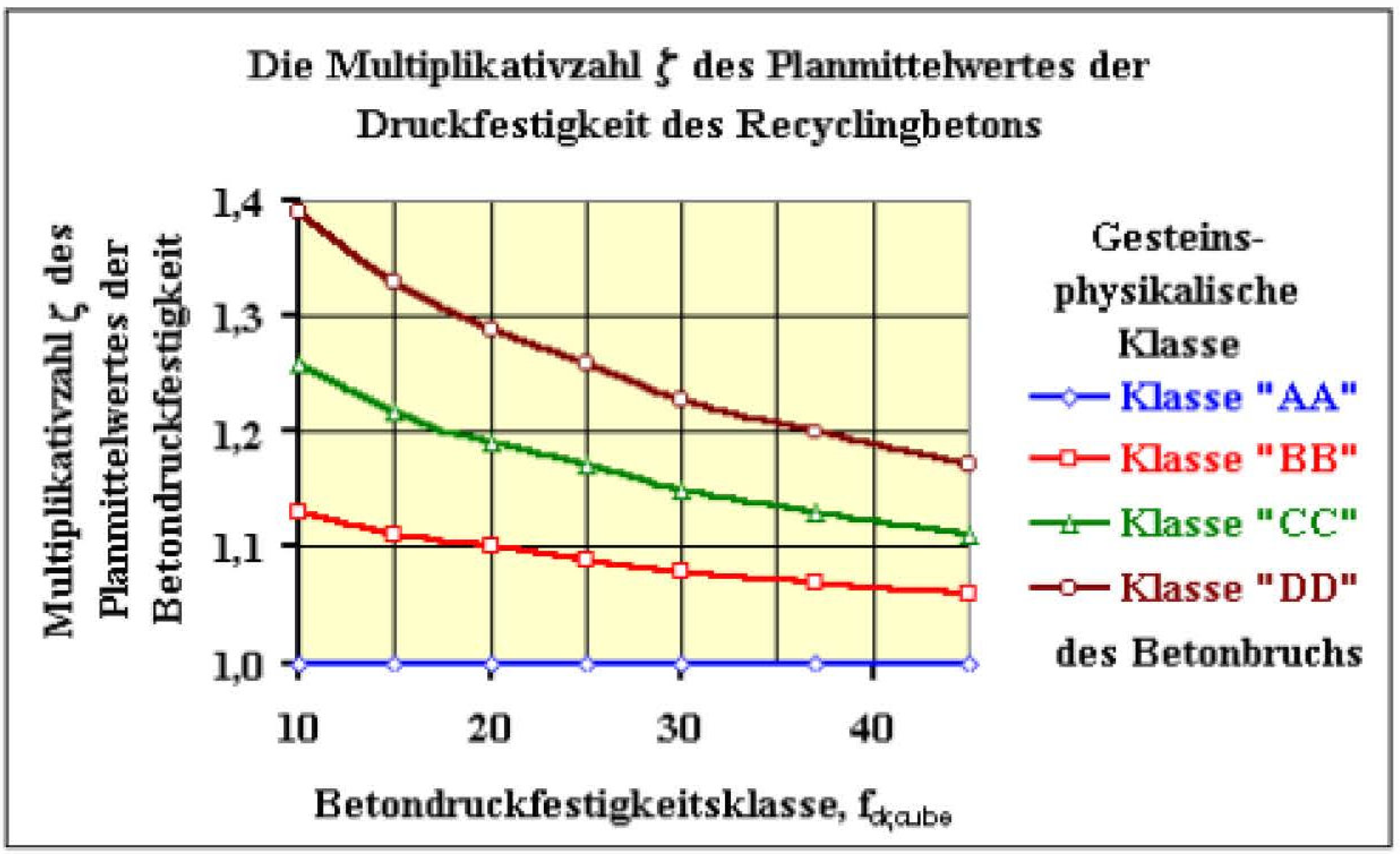
$$\zeta_{D,\,DD} = 1{,}7343 - 0{,}1477^*\ln(f_{ck,cube})$$

Die zur anderen gesteinsphysikalischen Klassen gehörenden Multiplikativzahlen ζ sind mit linearischer Interpolation zwischen der gesteinsphysikalischen Klassen A bzw. AA und D bzw. DD bestimmt:

Tabelle 4.

Beton-druchfestig-keitsklasse nach EN 206-1:2000 $f_{ck,cyl/cube}$	Multiplikativzahl ζ , für die gesteinsphysikalische Klasse des Betonbruchs			
	A bzw. AA	B bzw. BB	C bzw. CC	D bzw. DD
C 12/15	1,00	1,11	1,22	1,33
C 16/20	1,00	1,10	1,19	1,29
C 20/25	1,00	1,09	1,17	1,26
C 25/30	1,00	1,08	1,15	1,23
C 30/37	1,00	1,07	1,13	1,20
C 35/45	1,00	1,06	1,11	1,17

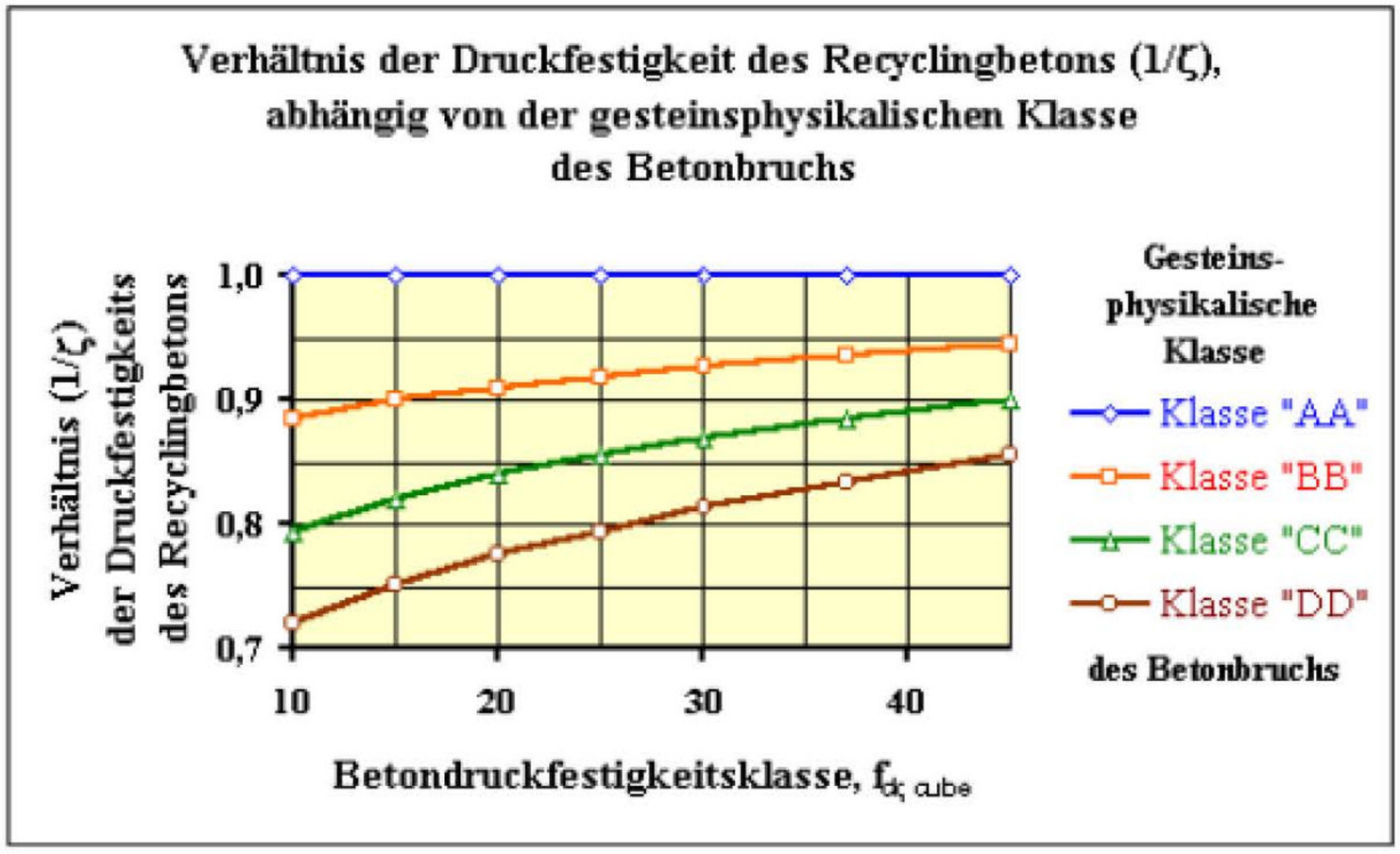
Abbildung 2.



Die Druckfestigkeit des Recyclingbeton ist abhängig von der gesteinsphysikalischen Klasse:

$$1/\xi = \frac{f_{ck,\,Recyclingbeton,\,ii-Gesteinsphysikalische\ Klasse}}{f_{ck,\,Recyclingbeton,\,AA-Gesteinsphysikalische\ Klasse}}$$

Abbildung 3.



Die Zusammensetzung des Recyclingbeton wird mit den für Splittbetonprojektierung gültigen Formeln nach Bolomey-Palotás bestimmt. Der Wasserzementwert (w/z) des Recyclingbetons rechnen wir aus dem Planwert der Druckfestigkeit ($f_{cm,\,cube,\,28,\,Recyclingbeton}$) und aus der Zementart (CEM) aus. Sodann legen wir den Zementgehalt (Z) abhängig vom Wasserzementwert (w/z), von der Konsistenz, von der Größtkorn (D_{max}) und vom Feinheitsmodul (Fm) des Betonbruchs, von der Expositionsklassen fest:

$$w/z = f(f_{cm,\,cube,\,28,\,Recyclingbeton},\ CEM)$$

$$Z = f(w/z,\ Konsistenz,\ D_{max},\ Fm,\ Expositionsklassen)$$

Die Wasserzugabe, in Hinsicht auf die bedeutende Wasseraufnahme des Betonbruchs, muß mit dem Wert der kurzzeitigen (z.B. 0,05 - 0,10 stündigen) Wassereinsaugung erhoben werden. Diese Wassereinsaugung kann nun 35-60 kg/Betonkubikmeter erreichen, wodurch die Wasserzugabe sich mit 20-35 % der Basismischung erhöcht.

Beim Recyclingbeton mit kleinerem Zementgehalt kann es vorkommen, daß die Feinanteile des Betons ungenügend sind. Die fehlende Feinkörner muß man mit Sand (Korngröße 0/1 mm) ausgleichen, und das kann weitere Wasserkorrektion nach sich ziehen.

Die Wassereinsaugung, Kornform, Korngriffigkeit, etwaige Mehrsanddosierung des Betonbruchs kann die Einarbeitung des Recyclingbetons erschweren. In diesem Fall ist es zweckmäßig zur Verbesserung der Konsistenz Fließmittel anwenden.

Aufgrund dieser haben wir die Zusammensetzung der Versuchsbetonfertigteile aus Recyclingbeton projektiert. Die Konsistenz, Rohdichte, Druckfestigkeit der Recyclingbetons haben wir mit Laboratoriumversuchen kontrolliert.

Die Versuchsrecyclingbetonfertigteile waren in einem, anders mit Normalbeton arbeitenden, mit Betonmischmaschine Typ ELBA EMM 10/15, entsprechenden Formlehre, Rütteltisch, Handvibropresse ausgestatteten Freibetonwerk mit Handarbeit hergestellt. Die Betonfertigteile waren durch 3 Tage mit leichtem Wasserstrahl nachbehandelt.

Schlußfolgerung

Die Herstellung der Recyclingbetonfertigteile war erfolgreich, die Haltbarkeit, Rohdichte, Festigkeit der Versuchsprodukte haben sich nach den Anforderungen erfüllt. Die Praxis hat die Richtigkeit der theoretischen Konzeptionen für Betonprojektierung bestätigt.

Zur Besichtigung der Lichtbilder, bitte klicken Sie hierher.

Siehe die folgenden Seiten.

Betontörmelék beton-adalékanyagként történő újrahasznosítás céljára

Betonbruch zur Wiederverwendung als Betonzuschlagstoff

Feldolgozatlan betontörmelék
Betonbruch vor der Vorbereitung

Anlage für Vorbereitung des Betonbruchs zur Wiederverwendung als Betonzuschlagsstoff

Berendezés betontörmelék előállítására bontott vasbetonból, beton-adalékanyag céljára

Betonösszetétel ellenőrzése laboratóriumban

Rezeptkontrolle im Laboratorium

Újrahasznosított betonkeverék
Rezyklierte Betonmischung

Herstellung der Verschalungsblocksteine

Osztott zsaluzóelemek készítése

Herstellung der Verschalungsblocksteine

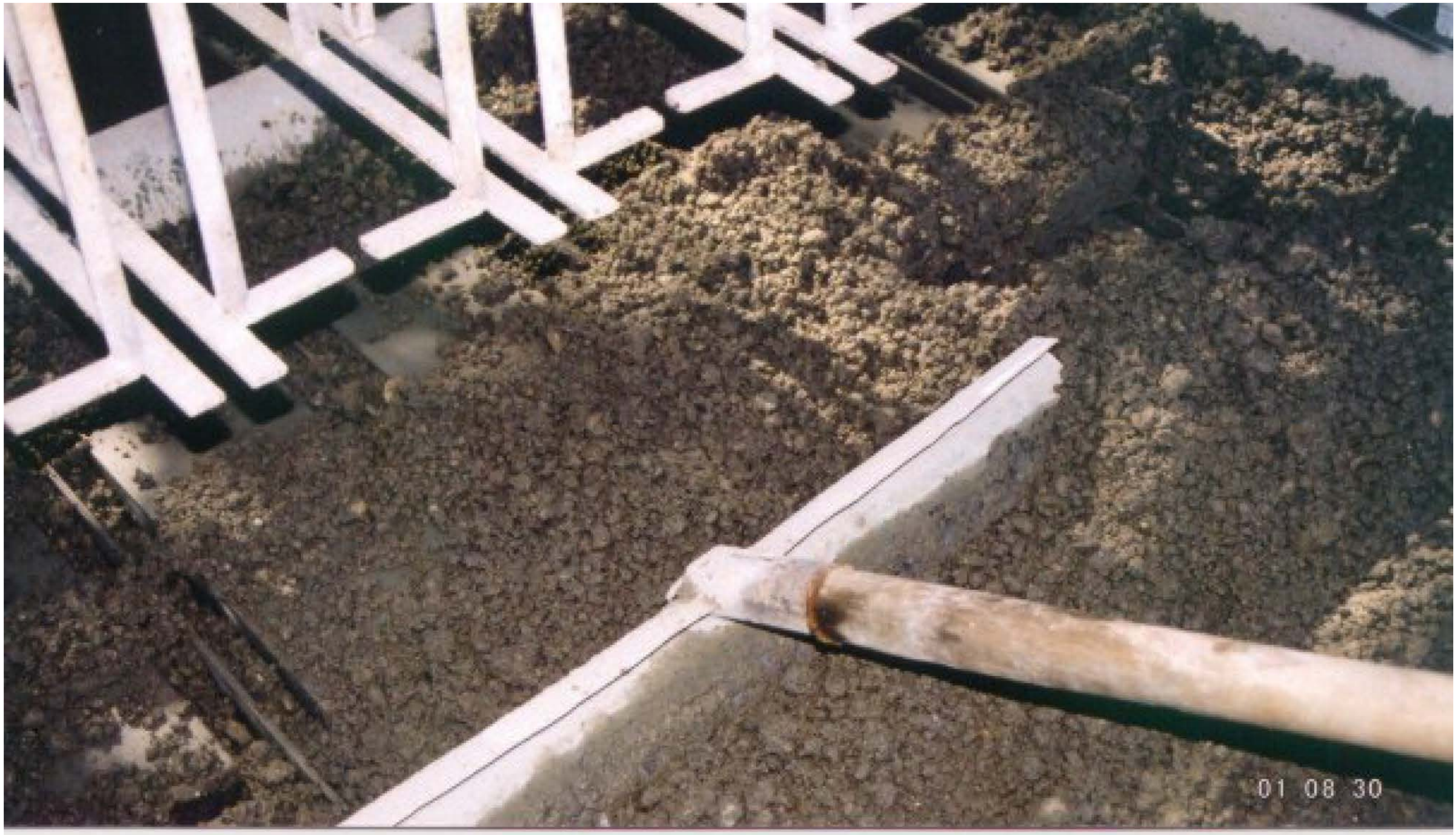
Osztott zsaluzóelemek készítése

Herstellung der Flußbettplatten

Mederlapok készítése

Herstellung der Strassenbordsteine

Útszegélyelemek készítése



Normál zsaluzóelemek készítése kézi vibropréssel
Herstellung der Verschalungsblocksteine mit Handvibropresse

Frische Verschalungsblocksteine

Frissen kizsaluzott, kísérleti, osztott zsaluzóelemek (50*20*25 cm) betontörmelék adalékanyagú betonból

'01 08 21

Frische Gehsteigplatten

Frissen kizsaluzott, kísérleti járdalapok (40*40*6 cm) betontörmelék adalékanyagú betonból

'01 08 21

Frische Verschalungsblocksteine

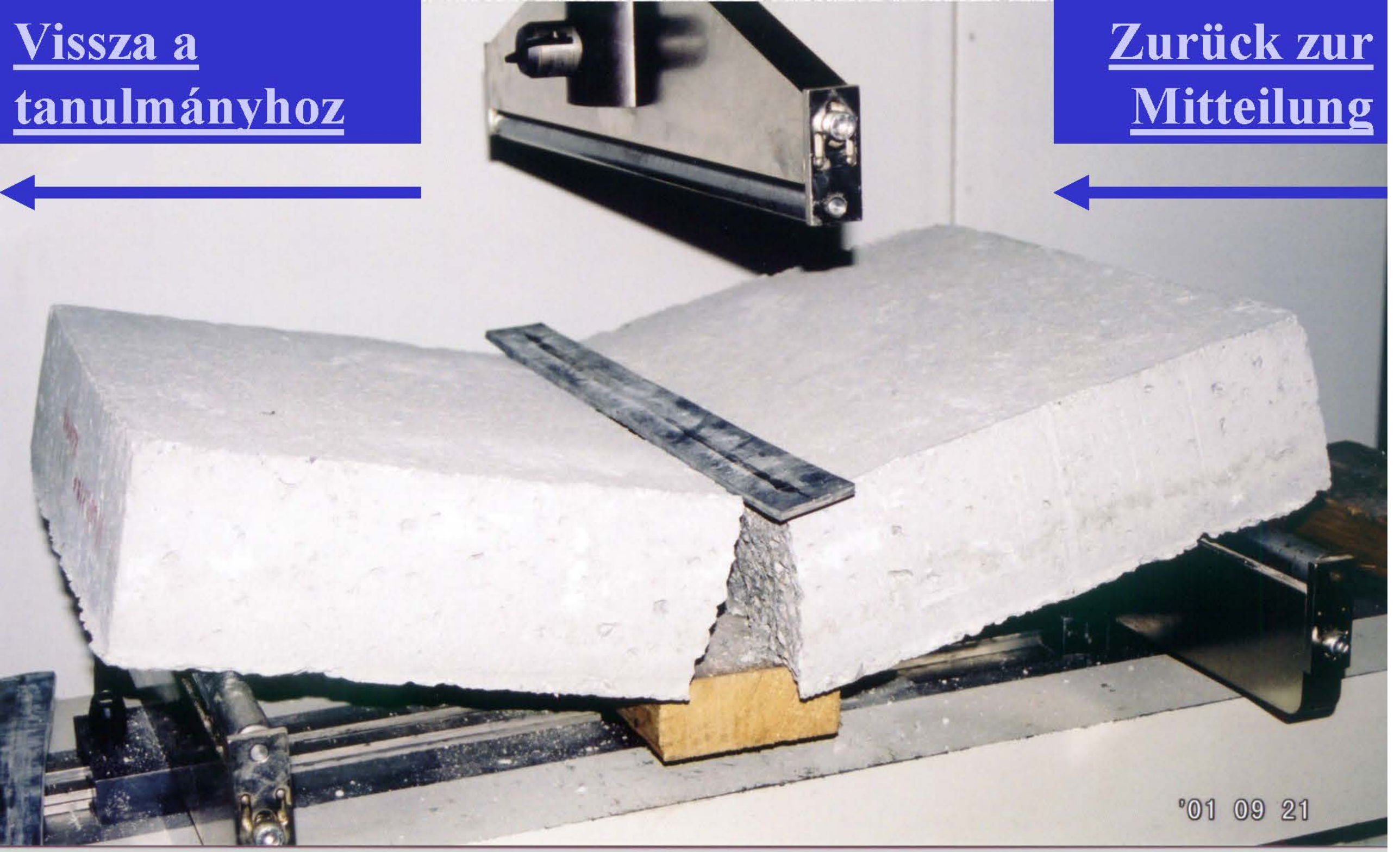
Kézi működtetésű vibropréssel gyártott, betontörmelék adalékanyagú, kísérleti, normál zsaluzóelemek (50*20*25 cm), friss állapotban

Osztott zsaluzóelem nyomó vizsgálata

Druckversuch des Verschalungsblocksteins

Vissza a tanulmányhoz

Zurück zur Mitteilung



Mederlap hajlító vizsgálata
Biegeversuch der Flußbettplatte